

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-211473

(43)公開日 平成11年(1999)8月6日

(51)Int.Cl.⁴

識別記号

F I

G 0 1 C 15/00

E 2 1 D 9/06

G 0 1 B 11/00

G 0 1 C 3/06

19/00

3 0 1

G 0 1 C 15/00

E 2 1 D 9/06

G 0 1 B 11/00

G 0 1 C 3/06

19/00

A

3 0 1 P

H

V

Z

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 8 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号

特願平10-10690

(22)出願日

平成10年(1998)1月22日

(71)出願人 000001236

株式会社小松製作所

東京都港区赤坂二丁目3番6号

(72)発明者 水井 精一

神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製

作所研究所内

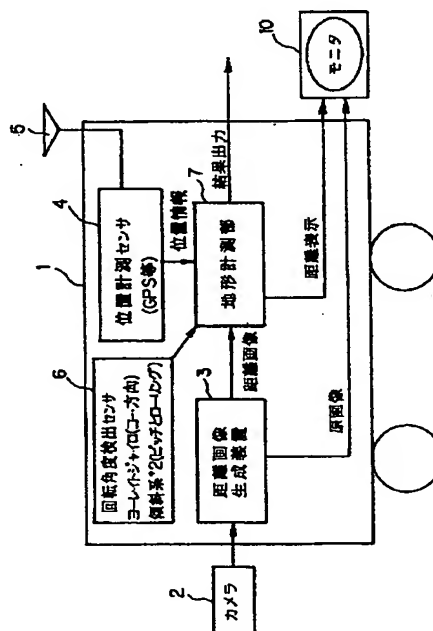
(74)代理人 弁理士 木村 高久

(54)【発明の名称】 地形形状計測装置

(57)【要約】

【課題】 鉾山、地山、切羽などの車両が走行することができない部分の地形形状を効率よく計測できるようにする。

【解決手段】 計測対象地形までの距離を計測するための視覚カメラ手段2と、車両の3次元絶対位置を検出する絶対位置検出手段4とを車両に搭載するとともに、前記視覚カメラ手段2の撮像データに基づいて前記計測対象地形の車体座標系における3次元位置データを求める地形座標計測手段3と、前記絶対位置検出手段4の検出データを用いて前記地形座標計測手段3によって求めた計測対象地形の車体座標系における3次元位置データを絶対座標系における3次元位置データに変換する座標変換手段7と、前記撮像手段によって計測対象地形を撮像するための複数の異なる車両位置を車両に対して指令する撮像位置指令手段7と、この撮像位置指令手段によって指令された複数の異なる車両位置における前記視覚カメラ手段の撮像データに基づく前記座標変換手段の変換データを合成処理して計測対象地形の地形データを作成する地形データ作成手段7とを具えるようにしている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】計測対象地形までの距離を計測するための視覚カメラ手段と、

車両の3次元絶対位置を検出する絶対位置検出手段と、を車両に搭載すると共に、前記視覚カメラ手段の撮像データに基づいて前記計測対象地形の車体座標系における3次元位置データを求める地形座標計測手段と、

前記絶対位置検出手段の検出データを用いて前記地形座標計測手段によって求めた計測対象地形の車体座標系における3次元位置データを絶対座標系における3次元位置データに変換する座標変換手段と、

前記撮像手段によって計測対象地形を撮像するための複数の異なる車両位置を車両に対して指令する撮像位置指令手段と、

この撮像位置指令手段によって指令された複数の異なる車両位置における前記視覚カメラ手段の撮像データに基づく前記座標変換手段の変換データを合成処理して計測対象地形の地形データを作成する地形データ作成手段と、を具えるようにしたことを特徴とする地形形状計測装置。

【請求項2】車両の姿勢角を検出する姿勢角検出手段を更に具え、

前記座標変換手段は、前記姿勢角検出手段の検出出力および前記絶対位置検出手段の検出データを用いて前記地形座標計測手段によって求めた計測対象地形の車体座標系における3次元位置データを絶対座標系における3次元位置データに変換するようにしたことを特徴とする請求項1記載の地形形状計測装置。

【請求項3】前記撮像位置指令手段は、当該車両位置における前記撮像データに基づく前記座標変換手段の変換データを用いて計測対象地形を地面に沿った方向に連続的に撮像するための次の車両位置を演算し、該演算した車両位置を車両に順次指令することを特徴とする請求項1記載の地形形状計測装置。

【請求項4】前記地形データ作成手段の掘削の前後の作成地形データに基づき掘削された土工量を演算する土工量演算手段を更に備えるようにしたことを特徴とする請求項1記載の地形形状計測装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、車両を用いて鉱山や掘削現場などの計測対象地形の全体的な地形データを作成する地形形状計測装置に関する。

【0002】

【従来の技術および発明が解決しようとする課題】鉱山、採石現場などにおいては、掘削スケジューリングや工程管理を行うために、現場の地形情報は重要である。このため、従来においては、GPSを搭載した車両を掘

削現場を走行させ、その際得られた3次元位置データによって地形形状を計測するようにしていた。

【0003】しかしながら、この手法では、車両が走行することができる地面の形状を測定することはできるが、掘削や工事の対象となる地山や切羽の形状を計測することはできない。

【0004】この発明はこのような実情に鑑みてなされたもので、鉱山、地山、切羽などの車両が走行することができない部分の地形形状を効率よく計測できるようにした地形形状計測装置を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段及び作用効果】請求項1に対応する発明では、計測対象地形までの距離を計測するための視覚カメラ手段と、車両の3次元絶対位置を検出する絶対位置検出手段とを車両に搭載するとともに、前記視覚カメラ手段の撮像データに基づいて前記計測対象地形の車体座標系における3次元位置データを求める地形座標計測手段と、前記絶対位置検出手段の検出データを用いて前記地形座標計測手段によって求めた計測対象地形の車体座標系における3次元位置データを絶対座標系における3次元位置データに変換する座標変換手段と、前記撮像手段によって計測対象地形を撮像するための複数の異なる車両位置を車両に対して指令する撮像位置指令手段と、この撮像位置指令手段によって指令された複数の異なる車両位置における前記視覚カメラ手段の撮像データに基づく前記座標変換手段の変換データを合成処理して計測対象地形の地形データを作成する地形データ作成手段とを具えるようにしている。

【0006】この請求項1に対応する発明では、車両に搭載した視覚カメラ手段の撮像データに基づき計測対象地形の車体座標系における3次元位置データを求め、この3次元位置データを車両に搭載した絶対位置検出手段の出力に基づき絶対座標系での3次元位置データに変換する。車両位置を変化させることで視覚カメラ手段の視野を異ならせて計測対象地形の異なる領域を撮像し、これら撮像データから得られた各領域の絶対座標系での3次元位置データを合成処理することで、計測対象地形の全体的な形状データを取得する。

【0007】このようにこの請求項1に対応する発明によれば、視覚カメラ手段の撮像データから得られた計測対象地形の車体座標系における3次元位置データを絶対座標系に変換するようにしたので、撮像した異なる領域の計測対象地形の合成を極めて簡単に行えるようになり、計測対象地形の全体像を容易に取得できるようになる。

【0008】請求項2に対応する発明では、車体の姿勢角を検出し、この検出した姿勢角分を補正して計測対象地形の絶対座標系における3次元位置データを求めるようにしたので、より正確な計測対象地形の形状データを得ることができる。

【0009】請求項3に対応する発明では、計測対象地形を地面に沿った方向に連続的に撮像できるように撮像位置を車両に指令するようにしたので、撮像データが大きくオーバーラップしたり、間欠的になったりすることがなくなり、計測対象地形の全体像を効率よく取得できるようになる。

【0010】請求項4に対応する発明では、掘削の前後の地形データに基づき掘削された土工量を演算するようにしたので、その体積から掘削量を判断できるようになる。すなわち、建設現場の仕事量は重量ではなく体積で求められることがおおく、そのための有用な手法となる。

【0011】

【発明の実施の形態】以下この発明の実施形態を添付図面に従って詳細に説明する。

【0012】図1は、地形形状計測装置を搭載した車両1を示すもので、車両1は、自動走行、遠隔操縦走行、または有人走行の何れの走行制御を行うものでもよいが、少なくともGPS（グローバル、ポジショニング、センサ）などを用いたナビゲーション機能を有しているものとする。

【0013】この場合には、車両1は有人走行を行うものとするので、GPSナビゲーション用のGPSモニタを有し、このGPSモニタ上には車両が走行している地図が表示され、この地図上のいずれの位置に車両が位置しているかを表示することができるとする。

【0014】以下の実施例では、計測対象地形は地山の切羽部であるとする。

【0015】図1において、車両1には、地山の立体的な全体的形状を原画像でモニタするためと、地山の車体1に対する3次元位置を測定するために、視覚カメラ手段としてのカメラ2が備えられており、この場合は2台のカメラまたは多眼カメラによる視差を利用したステレオ法により、地山までの距離を測定する。

【0016】すなわち、カメラ2台の場合を例にあげると、図2の上半分は左カメラによって撮像された地形を示すもので、下半分は右カメラによって撮像された同じ地形部分を示すものとする。まず、例えば左カメラ画像に対し、複数の点マトリックス (i, j) を設定する。そして、左カメラ画像の1つの点 (i, j) の画像が右カメラ画像のうちのどの点に対応するかをパターンマッチングなどの手法を用いて探査する。そして、対応する点が求められると、これら两点の画像上での位置を求め、さらにこれらの視差 d を求める。そして、該視差 d の他に、両カメラ間の距離、両カメラの焦点距離を用いて点 (i, j) から両カメラを結ぶ線分までの距離データを求める。このような処理を、各点に関して繰り返し実行することにより距離データを求める。

【0017】距離画像生成装置3は、上記のようにして地山までの距離データを演算する。このようにして得ら

れた各 (i, j) 画素毎の距離データ d は、距離 d に応じた階調データに変換されモニタ10に出力されることにより、モニタ10に距離画像が表示される。なお、モニタ10にはカメラ2で撮像した原画像も入力されており、モニタ10は距離画像および原画像の双方を表示することができる。

【0018】また、距離画像生成装置3では、前述したように、 (i, j, d) の3次元情報に対応付けられた距離画像データを、図3に示すように、車両1の所定地点を原点とする車体座標系 $X1-Y1-Z1$ の3次元座標データ $(Xp1, Yp1, Zp1)$ に変換する。

【0019】位置計測センサ4は、車両1の3次元位置を検出するもので、この場合は、GPS受信機を用いているようにしている。すなわち、位置計測センサ4は、図3に示すように、車体座標系 $X1-Y1-Z1$ の原点位置 $(HX0, HY0, HZ0)$ を検出する。GPS受信機による3次元位置データは、アンテナ5を介して入力される。なお、GPS受信機から得られたデータに基づいてモニタ10上に、車両1が走行しているエリアの地図が表示され、この地図上のいずれの位置に車両が位置しているかを表示することができる。

【0020】回転角度検出センサ6は、例えば、車両1の車体のヨー方向の回転角を検出するヨーレートジャイロと、車体のピッチング角およびローリング角を検出する2つの傾斜計から成り、これらの検出結果に基づき車体3方向の回転角、すなわち姿勢を検出する。すなわち、図3において、 $X0-Y0-Z0$ を絶対座標系（全体座標系）とすると、回転角検出センサ6からは、全体座標系 $X0-Y0-Z0$ に対する車体座標系 $X1-Y1-Z1$ の回転角を表す車体の回転角 $(RX0, RY0, RZ0)$ を出力される。

【0021】地形計測部7では、主に下記の3つの処理を実行する。

【0022】(a)距離画像生成装置3から得られた地山の車体座標系における3次元位置データを回転角度検出センサ6および位置計測センサ4の出力を用いて絶対座標系における3次元位置データに変換する。

(b)カメラ2で撮像した複数箇所の地山の地形データを合成して地山の全体的な地形データを作成する。

(c)地山を連続的に撮影する為の車両位置（撮像用車両位置）を演算する。この演算された撮像用車両位置は、モニタ10のナビゲーションマップ上に表示される。

【0023】つぎに、図4のフローチャートを参照して、地山の形状計測を行う手順について説明する。

【0024】まず、車両1を地山の切羽の手前の計測開始位置まで移動する（ステップ100）。この際、図5に示すように、画角30度のカメラ2で幅20mの切羽を撮像する場合、37m以上の距離が必要になるが、モニタ10で距離画像を見ながら37mの距離になるよう

車両を移動させるようにすればよい。

【0025】車両が計測開始位置に位置すると、この地点でカメラ2を用いて地山を撮像する。地形計測部7では、距離画像生成装置3から得られた地山の車体座標系における3次元位置データを回転角度検出センサ6および位置計測センサ4の出力を用いて絶対座標系における3次元位置データに変換するのであるが、これは次のように行われる。

【0026】すなわち、図3に示すように、車体座標系*

$$\begin{bmatrix} XP0 \\ YP0 \\ ZP0 \end{bmatrix} = MR0 * \begin{bmatrix} XP1 \\ YP1 \\ ZP1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} HX0 \\ HY0 \\ HZ0 \end{bmatrix} \quad \text{----- (1)}$$

ただし、上記(1)式において、MR0は、車体座標系の回転マトリクスであり、車体の回転角を用いて次式 ※

$$MR0 = \begin{bmatrix} \cos(RX0), \sin(RX0), 0 \\ -\sin(RX0), \cos(RX0), 0 \\ 0, 0, 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \cos(RY0), 0, -\sin(RY0) \\ 0, 1, 0 \\ \sin(RY0), 0, \cos(RY0) \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1, 0, 0 \\ 0, \cos(RZ0), \sin(RZ0) \\ 0, -\sin(RZ0), \cos(RZ0) \end{bmatrix} \quad \text{----- (2)}$$

このような式(1)での処理を距離画像の各画素に対して行う事で、第1番目の撮像位置で撮像した地形の絶対座標系での3次元位置データを求めることができる(ステップ110)。

【0029】次に、地山の連続的な地形計測を行うための次の撮像ポイントを演算する。

【0030】すなわち、次の撮像地点が適正に設定されない、図6に示すように、撮像エリアa部とつぎの撮像エリアb部の間に撮像されていないエリアが発生したり、あるいは撮像がオーバーラップする領域が大きくなりすぎたりして効率の良い地形計測を行う事ができない。

【0031】そこで、この実施例では、図7に示すように、連続的な撮像が行える撮像ポイントA0、A1、A2、...を順次求め、該求めた撮像ポイントに車両1を移動させて撮像を行うようにしているこの処理は次のように行われる。

【0032】まず、図8に示すように、第1番目の撮像★40

$$\begin{bmatrix} XP2 \\ YP2 \\ ZP2 \end{bmatrix} = MR0 * \begin{bmatrix} XP1 \\ YP1 \\ ZP1 \end{bmatrix} \quad \text{----- (3)}$$

この変換したデータをZ-X平面上に投影する。この投影のときに、高さY方向の所定の範囲の部分の距離画像を投影するようにしてもよい。例えば、Y方向は掘削機のとどく範囲である0~10mとする。Z方向はカメラ2によって捉える距離方向に対応し、X方向は水平方向、Y方向は高さ方向とする。この投影の結果、図10

* X1-Y1-Z1のある点Pの3次元座標データ(Xp1, Yp1, Zp1)は、回転角度検出センサ6から入力される回転角(RX0, RY0, RZ0)と、位置計測センサ4から入力される車体座標系X1-Y1-Z1の原点位置(HX0, HY0, HZ0)を用いて、次式(1)に示すように、絶対座標系X0-Y0-Z0における座標位置(Xp0, Yp0, Zp0)に変換することができる。
【0027】

※(2)のように表される。
【0028】

★ポイントA0(Xq0, Yq0, Zq0)で撮像した距離画像あるいは先のステップ110で求めた絶対座標系における3次元位置データに基づいて、第1番目の撮像ポイントで撮像した地山までの平均距離L(図9参照)を求める。

【0033】つぎに、計測幅L0を求め、さらに地山の表面部分を近似する直線Aの式を求める。

【0034】まず、距離画像生成装置3から得られた地山の車体座標系における3次元位置データを回転角度検出センサ6から得られる車体回転角(RX0, RY0, RZ0)を用いて補正する。すなわち、図3に示すように、車体座標系X1-Y1-Z1のある点Pの3次元座標データ(Xp1, Yp1, Zp1)は、回転角度検出センサ6から入力される回転角(RX0, RY0, RZ0)を用いて、次式(3)に示すように、座標位置(Xp2, Yp2, Zp2)に変換する。

【0035】

に示すような投影画像が得られたとする。この投影画像中のZ方向についての最下点を選択し(黒丸で示している)、これらの最下点を最小2乗法などを用いて直線近似することで直線Aの式

$$ApX + BpZ + D = 0 \quad \text{--- (4)}$$

を求める。

【0036】この(4)式に、位置計測センサ4から入力される車体位置データのX、Z成分を付加すれば、次式(5)のように、線Aの絶対座標系での式を求めることができる。

$$A_p(X+HX_0) + B_p(Z+HZ_0) + D = 0 \quad \dots (5)$$

また、計測幅L0は、図10の最下点のデータの両端の座標を求め、これら座標間の距離を求める事で演算することができる(ステップ120)。

【0038】このようにして、計測幅L0と計測対象地形の表面の近似式Aが求まると、第1撮像ポイントA0

※(Xq0, Yq0, Zq0)を通る線Aに平行な線Bを求め、この直線B上のA0地点から距離L0だけ離れた地点を次の撮像ポイントA1とする。

【0039】すなわち、A0(Xq0, Yq0, Zq0)を通る線Bは次式(6)のようになり、

$$A_p X + B_p Z - (A_p X_{q0} + B_p Z_{q0}) = 0 \quad \dots (6)$$

また、次の撮像ポイントA1のX、Z座標は、次式★ ★ (7)のように

$$\begin{aligned} X &= X_{q0} + L_0 \cdot \frac{B_p}{\sqrt{A_p^2 + B_p^2}} \\ Z &= Z_{q0} - L_0 \cdot \frac{A_p}{\sqrt{A_p^2 + B_p^2}} \end{aligned} \quad \dots (7)$$

なる(ステップ130、140)。

【0040】このようにして、次の撮像ポイントA1の位置が計算されると、この位置データに基づいて、次の撮像ポイントA1をモニタ10のナビゲーションモニタ上に表示する。

【0041】この表示をみて、運転者は車両を次の撮像ポイントA1まで移動させる(ステップ150)。

【0042】以下、地山の全ての領域の計測が終了するまで、上述の処理を繰り返し行うようにする(ステップ160)。

【0043】地形計測部7では、このようにして得られた撮像ポイントの異なる複数の領域の地形データを合成することで、地山の全体的な形状データを作成する。この合成の際、各領域の地形データは絶対座標系で表されているので、その合成処理を極めて簡単に行えるようになり、計測対象地形の全体像を容易に取得できる。

【0044】また、この実施例では、地山を地面に沿った方向に連続的に撮像するための撮像ポイントを順次演算し、これらの撮像ポイントに移動して地形の撮像を行うようにしたので、撮像データが大きくオーバーラップしたり、間欠的になったりすることがなくなり、計測対象地形の全体像を効率よく取得できるようになる。

【0045】なお、上記実施例においては、複数の計測領域が全くオーバーラップすることなく連続的になるように、次の撮像ポイントまでの移動距離L0を設定するようにしたが、計測データの誤差などによって計測領域☆

☆が空いてしまうことを防止するために、この移動距離L0を例えば0.9×L0とし、計測領域を若干オーバーラップさせるようにしてもよい。

【0046】また、ある撮像ポイントA0で計測した次の計測領域との境界部(図8において例えばP点)が次の撮像ポイントA1での撮像の際のカメラの視野に確実に入るように、カメラ2自体の水平方向の角度あるいは車体1の水平方向の角度を変更するようにしてもよい。この際には、A0地点、P点、A1地点の各座標およびカメラ2の画角が判っているので、これらのデータを用いて撮像ポイントA1でP点をカメラの視野内に捉えることができるカメラ2の角度、あるいは車体角度を演算するようにすればよい。

【0047】また、先の図6に示したように、計測領域の抜けが生じた場合は、これらの部分の計測データを補間演算などを用いて補うようにしてもよい。

【0048】さらに、計測対象地形の高さが高く、一度の撮像では計測対象地形の上部領域(図9のQで示す部分)が撮像できない場合は、カメラ2の角度を上方に変化させて撮像を行うようにする。この際には、カメラ2の上下方向の回転角の変化分θcを検出するセンサを設け、先の式(2)に示した回転マトリックスを次式(8)のようにして、式(1)の座標変換演算を行うようにすればよい。

【0049】

$$\begin{aligned} MR0 &= \begin{bmatrix} \cos(RX_0) & \sin(RX_0) & 0 \\ -\sin(RX_0) & \cos(RX_0) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \cos(RY_1) & 0 & -\sin(RY_1) \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin(RY_1) & 0 & \cos(RY_1) \end{bmatrix} \\ &* \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(RZ_0) & \sin(RZ_0) \\ 0 & -\sin(RZ_0) & \cos(RZ_0) \end{bmatrix} \quad \dots (8) \end{aligned}$$

式(2)と式(8)の違いは、 $RY0$ が $RY1$ に変わっただけである。ただし、 $RY1 = RY0 + \theta c$ である。

【0050】このようにカメラ1の角度を上下に変化させて得られた3次元位置データも絶対座標系であるので、下方の計測領域の3次元位置データと簡単に合成することができる。

【0051】ところで、以上のようにして得ることができる切羽の3次元位置データを掘削の前と後で取得するようにすれば、それらを用いて図11に示すようにして土工量を簡単に演算することができる。

【0052】すなわち、図11(a)は掘削前の切羽の3次元形状を示すものであり、図11(b)は掘削後の切羽の3次元形状を示すものであるが、これらの各3次元形状データから掘削前後の切羽の体積をそれぞれ求め、これらの差を演算することで今回の掘削の土工量を求めることができる。また、掘削前後の切羽の3次元形状から図11(c)に示すように実際に掘削された部分の形状データを求めることもでき、実際に掘削された部分の形状データから土工量を演算するようにしてもよい。通常、土工量は、土砂を積み込んだダンプトラックの重量を累計することで演算されるが、この場合は掘削される側の切羽部分の形状に基づき掘削土工量を演算するようにしているので、何回も掘削、積み込み作業が行われた場合でも、最初の切羽の状態と最終的な切羽の状態を計測するようにすれば、トータルの土工量を一度に簡単に求めることができる。

【0053】また、上述のようにして得られる切羽の3次元位置データを毎日や数日置きに計測し、これらの計測データを記憶保存しておくようにすれば、掘削の履歴データが得られることになり、掘削スケジューリングや

工程管理のために非常に有用である。

【0054】なお、実施例の車両1に遠隔操縦や自動走行を行わせる場合は、少なくとも、ステレオカメラ2、GPSなどの位置計測センサ4、回転角度検出センサ6および距離画像生成装置3を車両に搭載し、これらのデータを無線などで基地局に伝送するようにすれば、他の地形計測部7やモニタ10などの構成要素は車両1から省略することができる。

*【0055】また、上記実施例では有人走行を行う場合を例にとったので、各撮像ポイント位置を車両上のGPSモニタ上に表示するようにしたが、遠隔操縦を行う場合は各撮像ポイント位置を遠隔操作盤上に表示させるようにすればよい。また自動走行を行わせる場合は、特に車両の移動のためには各撮像ポイント位置をモニタ表示する必要はなく、演算した各撮像ポイント位置を車両の自動走行制御系に指令するようにすればよい。

【0056】また、車両1をパワーショベルやホイールローダなどの掘削機とし、これら掘削機に図1の構成要素を搭載するようにしてもよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施例を示すブロック図。

【図2】ステレオカメラ法による距離計測の原理を説明する図。

【図3】車体座標系と絶対座標系の関係を示す図。

【図4】地形計測の手順を示すフローチャート。

【図5】計測対象地形とステレオカメラの配置関係を示す図。

【図6】間欠的な計測を行う場合の説明図。

【図7】連続的な計測を行う際の実施例を示す図。

【図8】連続的な計測を行うための次の撮像ポイントを求める手法を説明する図。

【図9】カメラと計測対象との距離を説明する図。

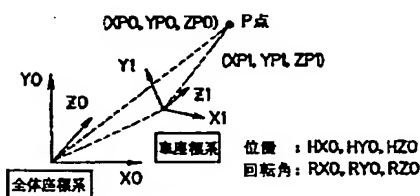
【図10】次の撮像ポイントを求めるための車両移動方向を求めるための説明。図

【図11】土工量の管理を行うための手法を説明する図。

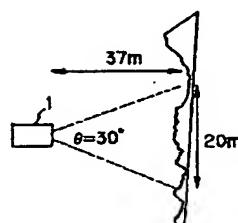
【符号の説明】

- 1…計測車両
- 2…ステレオカメラ
- 3…距離画像生成装置
- 4…位置計測センサ
- 5…アンテナ
- 6…回転角度検出センサ
- 7…地形計測部
- 10…モニタ

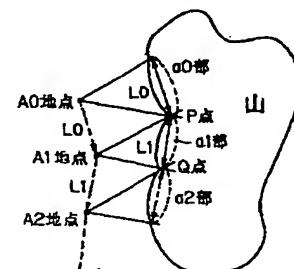
【図3】



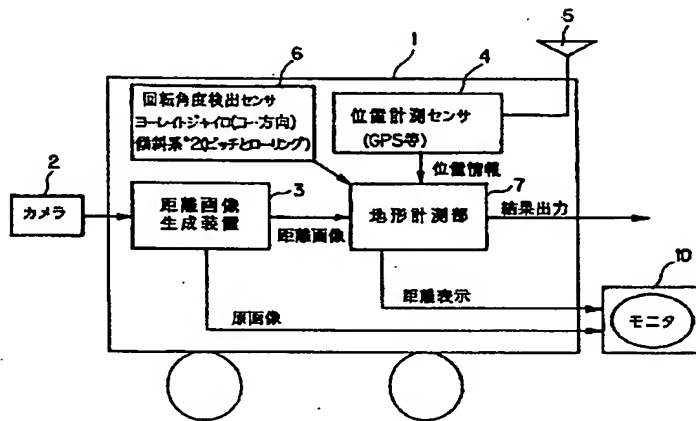
【図5】



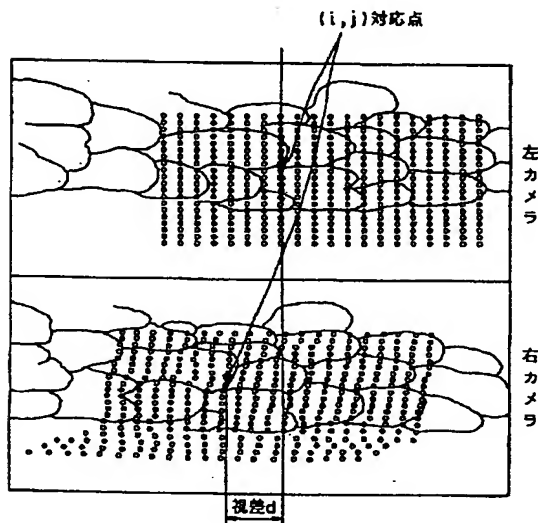
【図7】



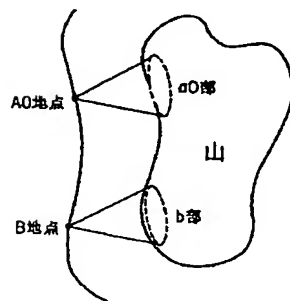
【図1】



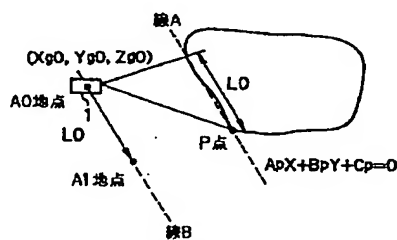
【図2】



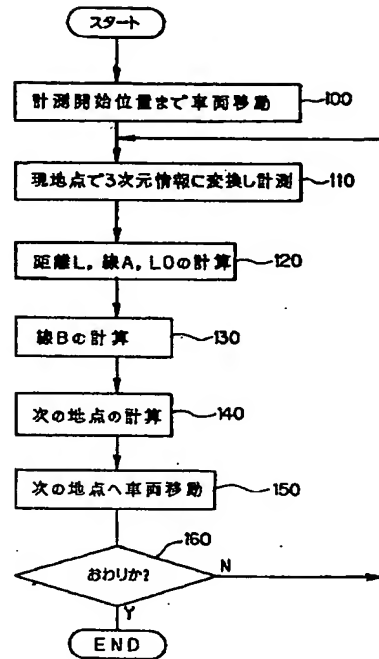
【図6】



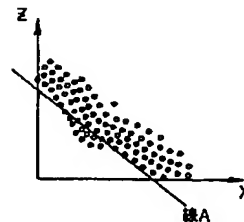
【図8】



【図4】



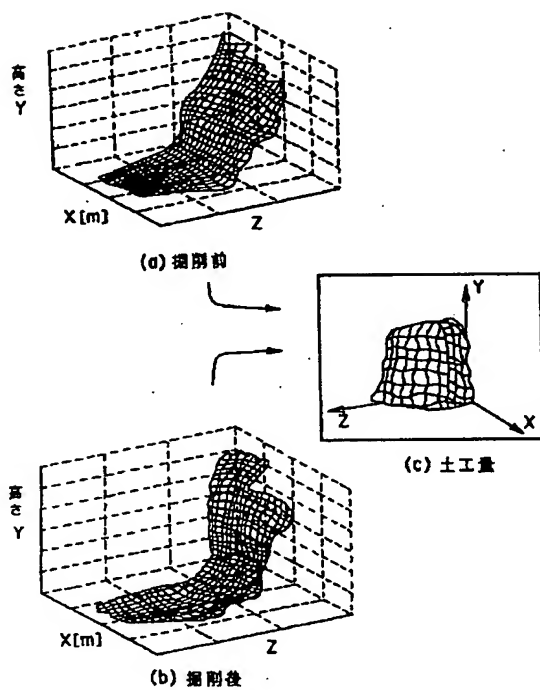
【図10】



【図9】



【図11】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁸
G 0 9 B 29/10

識別記号

F I
G 0 9 B 29/10

A

BEST AVAILABLE COPY